

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-108383

(43)Date of publication of application : 30.04.1996

(51)Int.Cl.

B25J 9/10
B25J 9/16
B25J 13/08
B25J 19/06
G05B 19/4093

(21)Application number : 06-240973

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 05.10.1994

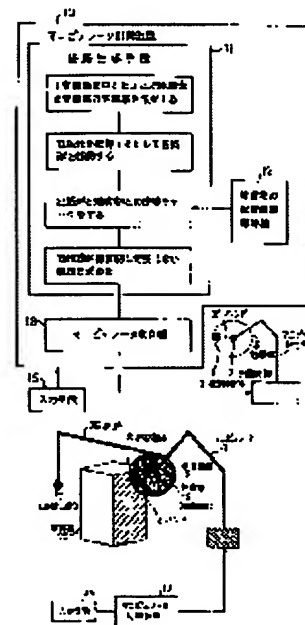
(72)Inventor : TATEWAKI MASATAKA
AOKI TAKASHI

(54) MANIPULATOR CONTROL DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To generate a moving passage of a manipulator at high speed by a few memory spaces and a calculating quantity by finding an envelope ball obtained by rotating a gripping object with a wrist joint as the center, judging the existence of contact with an obstacle when the envelope ball moves, and finding a passage in which the envelope ball does not contact with the obstacle.

CONSTITUTION: A passage generating means 11 finds an envelope ball 5 generated when a gripping object 8 rotates with a position of a wrist joint 2 as the center, and checks collision with an obstacle 20 when the envelope ball 5 is moved by judging that a manipulator 1 grips the envelope ball 5, and sets it as a sub-target position by moving an initial position to a noninterfering position when the envelope ball 5 and the obstacle 20 interfere with each other in the initial position Ps, and finds a sub-target position by moving a target position to a noninterfering position when the envelope ball 5 the obstacle 20 interfere with each other in the target position Pg, and finds a passage 25 in which the envelope ball 5 and the obstacle 20 reach the target position Pg from the initial position Ps without colliding with each other.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-108383

(43) 公開日 平成8年(1996)4月30日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 2 5 J 9/10

A

9/16

13/08

19/06

G 0 5 B. 19/ 403

E

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-240973

(22) 出願日 平成6年(1994)10月5日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 立脇 正敬

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 青木 幸

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 文廣 (外2名)

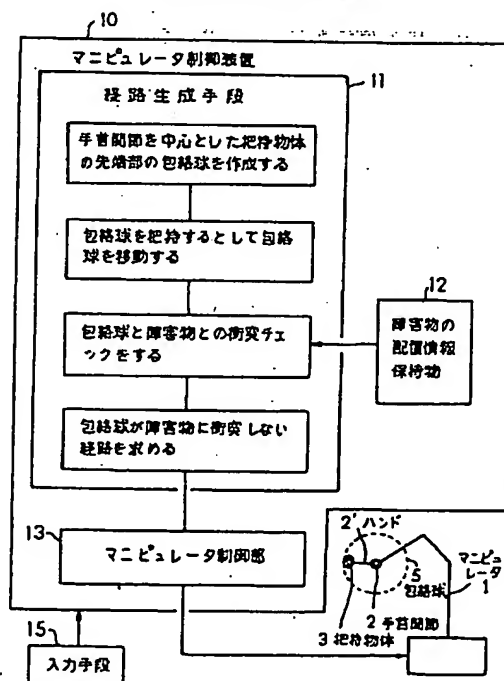
(54) 【発明の名称】 マニピュレータ制御装置

(57) 【要約】

【目的】 手首関節を備えるロボットアーム等のマニピュレータの制御装置に関し、少ないメモリ空間と計算量で高速にマニピュレータの移動経路を生成することを目的とする。

【構成】 障害物の配置情報に基づいて障害物を回避して目標位置までの経路を求める経路生成手段を備えたマニピュレータ制御装置において、マニピュレータはアームに手首関節を備えるものであり、経路生成手段は、手首関節を中心にして把持物体を回転した時にできる包絡球を求め、障害物の配置情報に基づいて該包絡球が移動する時に障害物との接触の有無を判定し、該包絡球が障害物と接触しない経路を求める構成を持つ。

本発明の基本構成



【特許請求の範囲】

【請求項1】 障害物の配置情報に基づいて障害物を回避して初期位置から目標位置までの経路を求める経路生成手段を備えたマニピュレータの制御装置において、該マニピュレータはアームに手首関節を備えるものであり、該経路生成手段は、手首関節を中心にして把持物体を回転した時にできる包絡球を求め、障害物の配置情報に基づいて該包絡球が移動する時に障害物との接触の有無を判定し、該包絡球が障害物と接触しない経路を求めることを特徴とするマニピュレータ制御装置。

【請求項2】 請求項1において、初期位置における該包絡球と障害物との干渉を調べ、干渉がある場合に干渉面と包絡球の中心が包絡球の半径以上となる位置に初期位置を移動して副初期位置を求め、目標位置に中心を持つ該包絡球を設定し、該包絡球と障害物との干渉の有無を調べ、干渉がある場合には、目標位置と干渉面との距離が包絡球の半径以上となるように目標位置を移動して副目標位置を設定し、該副初期位置から該副目標位置に包絡球を移動した時に障害物と干渉しない経路を求めることを特徴とするマニピュレータ制御装置。

【請求項3】 請求項1もしくは2において、初期位置もしくは副初期位置から目標位置もしくは副目標位置に向かう直線経路上を包絡球が移動したと仮定した時に包絡球と障害物が干渉する障害物を登録し、該登録された障害物に包絡球が干渉しない経路を求めることを特徴とするマニピュレータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、手首関節を備えるロボットアーム等のマニピュレータの制御装置に関する。

【0002】 ロボットアーム等のマニピュレータで物を把持して移動する時には障害物を回避して目標位置に運ぶ必要がある。マニピュレータを高速に動作させるためには、障害物を回避して目標位置にいたる経路を能率的に設定する必要がある。そのため、障害物を回避する経路を高速に自動的に求めることのできるマニピュレータ制御装置が望まれる。

【0003】

【従来の技術】 従来、マニピュレータで作業を実行する方式は、マニピュレータを監視しながらオペレータが遠隔操作するマスター・スレーブ制御方式、あるいはロボット言語によりマニピュレータの作業動作をプログラムするプログラム制御方式、マニピュレータを動かしてみても動作を学習させる作業教示方式等があるがいずれも作業動作を詳細に指定する必要がある。

【0004】 マニピュレータの障害を回避する経路を自動的に生成し、制御する方法には、障害物からの距離に応じた反発力と目標位置への引力により生じる仮想的なポテンシャルを定義して経路を探索するポテンシャル法がある。あるいは、マニピュレータが衝突せずに移動で

きる空間を量子化した関節空間で記述し、目標位置へいたる経路をグラフ探索法で求める方法がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 従来の、マニピュレータを遠隔操作するマスター・スレーブ制御方式はオペレータに作業負担のかかるものであり、ロボット言語によるプログラム制御方式、あるいは動作ティーチング方式は、作業動作を詳細に指定する必要があるため、この方式もオペレータの作業負担の大きいものであった。

【0006】 また、マニピュレータの経路を自動的に生成するポテンシャル法はローカルなミニマムに陥って正しい解が求められなかったりすることがあり、ポテンシャル法、グラフ探索法いずれの方法も、膨大なメモリ空間と計算時間を必要とするなどの欠点があった。

【0007】 本発明は少ないメモリ空間と計算量で高速にマニピュレータの移動経路を生成することのできるマニピュレータの制御装置を提供することを目的とする。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、手首関節を中心にして把持物体を回転して得られる包絡球を求め、包絡球が移動する時の障害物との接触の有無を判定し、包絡球が障害物と接触しない経路を求めマニピュレータの移動経路とするようにした。

【0009】 図1は本発明の基本構成である。図1において、1はマニピュレータであって、手首関節2とハンド2'を持つものである。

【0010】 2は手首関節である。2'はハンドであって、物体を把持するものである。3は把持物体であって、ハンド2'に把持された物体である。

【0011】 5は包絡球であって、手首関節を中心にして把持物体3を回転することにより得られる包絡球である。10はマニピュレータ制御装置である。

【0012】 11は経路生成手段である。12は障害物の配置情報保持部であり、障害物の位置、高さ、幅等の情報（環境モデル）を保持するものである。

【0013】 13はマニピュレータ制御部であって、マニピュレータ1を制御するものである。15は入力手段であって、物の配置、大きさ等の情報、把持する物体の大きさ、手首関節の初期位置、目標位置等を入力するものである。

【0014】

【作用】 図2は本発明の基本構成の動作説明図である。図2において、1はマニピュレータである。

【0015】 2は手首関節である。2'はハンドである。3は把持物体である。

【0016】 5は包絡球であって、手首関節2を中心として把持物体3を回転することにより得られる包絡球である。10はマニピュレータ制御装置である。

【0017】 15は入力手段であって、キーボード等である。20は障害物である。25は求めた経路である。

【0018】 P_s は手首関節の初期位置である。 P_g は目標位置であって、移動後の手首関節2の目標位置である。図2を参照し、図1の本発明の基本構成を説明する。

【0019】障害物の配置情報保持部12には、入力手段15により障害物20の位置、大きさ等の情報が与えられて保持する。また、経路生成手段11には、手首関節の初期位置 P_s と目標位置 P_g および把持する物体の大きさの情報等が入力手段15により与えられる。

【0020】経路生成手段11は、手首関節2の位置を中心にして把持物体3を回転した時に生じる包絡球5を求め、そして、マニピュレータ1が包絡球5を把持しているとして、包絡球5を移動するときに障害物20との衝突チェックをする。初期位置 P_s において包絡球5と障害物20が干渉する時は干渉しない位置に初期位置を移動し、副目標位置 $P_{g'}$ とする。また、目標位置 P_g において包絡球5と障害物20が干渉する時は干渉しない位置に目標位置を移動した副目標位置 $P_{g'}$ を求める。そして、包絡球5と障害物20が衝突しないで初期位置 P_s （もしくは副初期位置 $P_{s'}$ ）から目標位置 P_g （もしくは副目標位置 $P_{g'}$ ）に到達する経路25を求める。

【0021】マニピュレータ制御部13は求めた経路によりマニピュレータ1を移動制御する。本発明によれば、包絡球の移動する経路を実空間上で求めるだけで把持物体と障害物とが衝突しない経路を求めることができ、少ないメモリ量と計算量で移動経路を生成することができる。

【0022】

【実施例】本発明の実施例を説明する。次に、本発明の実施例を説明する（図2を参照する）。

【0023】障害物20の情報（環境モデル）は全て多面体近似表現法等により計算機のメモリ上（障害物の配置情報保持部）に保存されている。このメモリ上の環境モデル、初期位置、目標位置に基づいて動作経路を生成する。本アルゴリズムの探索は関節空間でなく実空間で行う。これにより、従来の方法のように障害物を関節空間に写像する必要がなくなり、メモリ空間と計算量を大幅に節約することができる。

【0024】経路生成手段のアルゴリズムは次の通りである。まず、初期位置でマニピュレータ1のハンド2'の把持物体3を手首関節2を中心に回転して得られる包絡球5を作成する。この包絡球5と障害物20との干渉チェックを行う。干渉する物体があればその付近では把持物体の姿勢を変更した時に衝突する可能性があるので、包絡球5が物体と干渉しない位置まで姿勢を固定したまま移動させる。その位置を副初期位置 $P_{s'}$ とする。一方、手首関節2の目標位置にも包絡球5と同じ半径の球を作り、障害物20との干渉チェックを行う。干渉しない位置まで姿勢を固定したまま移動させ、その位

置を副目標位置 $P_{g'}$ とする。次に副初期位置 $P_{s'}$ と副目標位置 $P_{g'}$ を結ぶ直線上を包絡球5が移動したとして干渉する障害物を求め、登録する。登録された障害物を回避する経路をテンプレートをを用いた位置経路生成法（後述する）により経路を生成する。なお、副初期位置 $P_{s'}$ と副目標位置 $P_{g'}$ の設定方法については図4で説明する。

【0025】図3は本発明のマニピュレータ制御装置のシステム構成の実施例である。図3において、1はマニピュレータである。

【0026】10はマニピュレータ制御装置である。15は入力手段であって、キーボード等である。30はCPUである。

【0027】31はメモリである。32はマニピュレータ制御装置10とマニピュレータ1とのインタフェースである。

【0028】メモリ31において、11'は経路作成プログラムである。12は障害物の配置情報保持部である。

【0029】12'はテンプレート保持部であって、障害物を回避する経路のテンプレートを保持するものである（図6参照）。13'はマニピュレータ制御プログラムである。

【0030】CPU30、マニピュレータ制御プログラム、インタフェース32によりマニピュレータ制御部13（図1）を構成する。CPU30と経路作成プログラム11'とにより経路作成手段11（図1）を構成する。

【0031】図4は本発明の副初期位置、副目標位置の設定方法の説明図である。図4(a)は副初期位置の設定方法の説明図である。図4(a)において、5は包絡球である。5'は干渉面であって、包絡球5と障害物20が接触してできる面である。20は障害物である。

【0032】 P_s は包絡球5の初期位置の中心（マニピュレータの手首関節の初期位置）である。 d_s は包絡球5の中心 P_s から干渉面5'までの距離である。 n_s は干渉面5'の単位法線ベクトルである。

【0033】図4(a)の構成において、手首関節の初期位置において、包絡球5が障害物20と接触する場合には、手首関節の初期位置 P_s を距離 $r - d_s$ だけ法線ベクトル n_s の方向に移動する。移動した点 $P_{s'}$ を手首関節の副初期位置とする。

【0034】図4(b)は副初期位置の設定方法の説明図である。図4(b)において、5は包絡球である。5''は干渉面であって、包絡球5と障害物20が接触してできる面である。20は障害物である。

【0035】 P_g は目標位置であって、目標位置 P_g に作成した包絡球5の中心である。 d_g は包絡球5の中心 P_g から干渉面5''までの距離である。 n_g は干渉面5''の単位法線ベクトルである。

【0036】図4(b)の構成において、目標位置に作成した包絡球5が障害物20と接触する場合には、目標位置Pgを距離 $r-dg$ だけ法線ベクトルPgの方向に移動する。移動した点Pg'を副目標位置とする。

【0037】なお、上記において、干渉面が複数ある場合はそれぞれの単位法線ベクトルを合成した方向に手首位置の中心および目標位置を移動する。図5は本発明で用いるテンプレートによる経路生成方法の説明図である。

【0038】図5(a)はテンプレートによる経路生成方法の装置構成を示す。図5(b)は初期位置Psから目標位置Pgに向かう直線Lと包絡球と同じ直径の円筒(キューブC)を示す。図5(c)はテンプレートにより求めた障害物を回避する経路をあらわす。

【0039】図5(a)において11は経路生成手段である。12'はテンプレート保持部である。12''は環境モデル保持部であって図1の障害物の配置情報保持部12に相当するものである。

【0040】図5(b)において、20は障害物である。Psは初期位置である。Pgは目標位置である。Cは円筒であって初期位置Psを中心とする包絡球を目標位置Pgまで移動することにより生成される立体である。Lは、PsとPgを結ぶ直線である。

【0041】図5(c)において、Psは初期位置である。Pgは目標位置である。26はテンプレートである。Wは包絡球の直径である。図6は経路生成のためのテンプレートの例を示す。形状の座標軸において、xy平面は障害物の配置されている平面であり、z方向はその平面に垂直な方向である。

【0042】グループ1は障害物の上方を通過する経路のテンプレートの例である。グループ2は障害物の後方を通過する経路のテンプレートの例である。グループ3は障害物の前方を通過する経路のテンプレートの例である。

【0043】グループ4は障害物の左右を通過する経路のテンプレートの例である。テンプレート保持部12'にはテンプレートの種類と大きさを登録する。テンプレートは包絡球と同じ直径の円筒の結合として作成される。

【0044】経路生成に先立って、初期位置Ps(包絡球と障害物の干渉を考慮して移動した場合には副初期位置Ps')と目標位置Pg(包絡球と障害物の干渉を考慮して移動した場合には副目標位置Pg')を結ぶ直線Lを中心とする円筒Cを求め、障害物20と干渉する障害物を登録する。

【0045】図5(c)に示すように、初期位置Ps(もしくは副初期位置Ps')から目標位置Pg(もしくは副目標位置Pg')に到る障害物20と干渉しない経路を構成できるテンプレートを選択し、その組み合わせにより経路を求める(なお、テンプレートによる経路生成

についての詳細は特開平5-127718号公報参照)。

【0046】図7は本発明の経路作成手段のフローチャートである。図3の本発明の実施例構成の経路生成手段の動作を説明する。必要に応じて、図2、図4を参照する。

S1 目標位置、姿勢指令が入力手段により入力される。

【0047】S2 マニピュレータのハンドとハンドによって把持されている物体(把持物体3)の全ての頂点位置を求める。手首関節の位置と各頂点との距離を計算し、最も長い距離rを半径とする包絡球5を作る。

【0048】S3 包絡球5と障害物20との干渉チェックをする。

S4 干渉がある場合には、干渉面と包絡球の中心点(手首関節位置(初期位置))Psと干渉面の距離dsと干渉面の単位法線ベクトルnsを求める。そして、包絡球をnsの方向に距離 $(r-ds)$ だけ移動させる。この移動後の包絡球の中心位置Ps'を副初期位置とする。

【0049】S5 マニピュレータの手首関節の目標位置Pgを中心として半径rの包絡球を作成する。障害物との干渉チェックを行い、干渉があれば干渉面の外向き法線ベクトルngを求め、包絡球をngの方向に距離 $(r-ds)$ だけ移動させ、この時の包絡球の中心位置Pg'を副目標位置とする。

【0050】S6 副初期位置と副目標位置を結ぶ直線を中心軸とする半径rの円筒を作り、その円筒が障害物と干渉するかチェックする。

S7 干渉する物体があればそれを障害物として登録する。

【0051】S8 マニピュレータの手先に手首位置を中心とする包絡球が付いた仮想的なマニピュレータを作る。この手先に包絡球が付いた仮想マニピュレータが登録された障害物と干渉しないような初期位置もしくは副初期位置と目標位置もしくは副目標位置間の経路をテンプレートを用いて求める。

【0052】S9 求めた経路上では姿勢を任意に変えることができる。そこで、最も一般的な姿勢経路生成法である一軸回転法等により経路上での姿勢を求める。

S10 求めた移動経路および経路上での姿勢を出力する。

【0053】

【発明の効果】本発明によれば、障害物を回避するマニピュレータの手先の移動経路を自動的に高速に生成することができる。そのため、マニピュレータの操作性を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本構成を示す図である。

【図2】本発明の基本構成の動作説明図である。

【図3】本発明の装置構成の実施例を示す図である。

【図4】本発明の副初期位置、副目標位置の設定方法の説明図である。

【図5】本発明で用いるテンプレートによる経路生成方法の説明図である。

【図6】本発明の経路生成手段のテンプレートの例を示す図である。

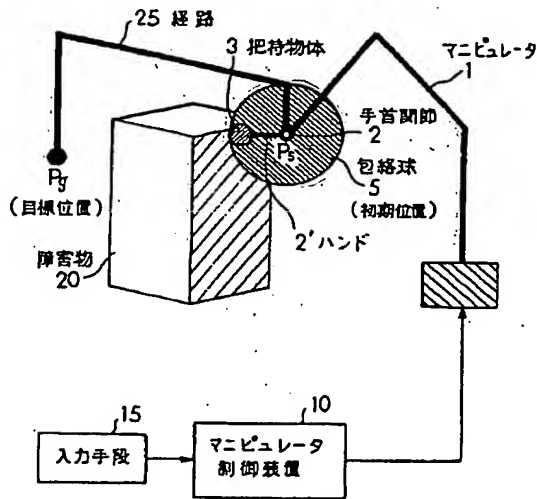
【図7】本発明の経路作成手段のフローチャートを示す図である。

【符号の説明】

- 1 : マニピュレータ
- 2 : 手首関節
- 2' : ハンド
- 3 : 把持物体
- 5 : 包絡球
- 10 : マニピュレータ制御装置
- 11 : 経路生成手段
- 12 : 障害物の配置情報保持部
- 13 : マニピュレータ制御部
- 15 : 入力手段

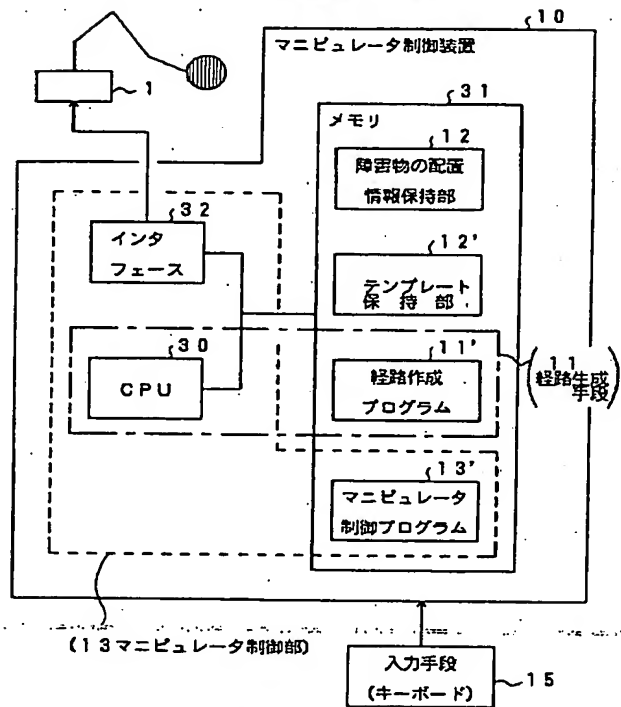
【図2】

本発明の基本構成の動作説明図

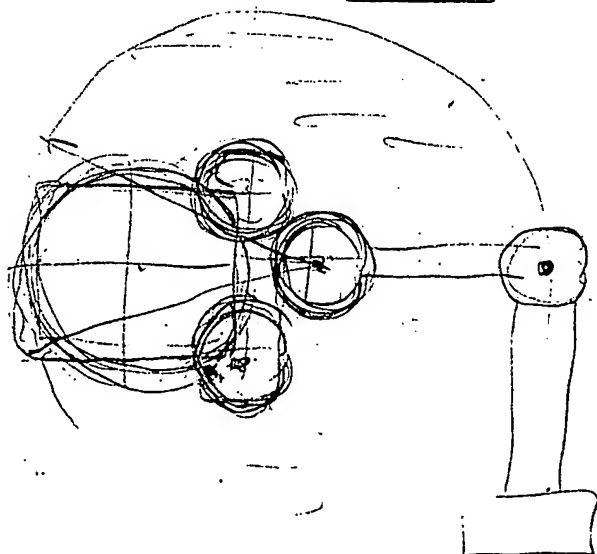


【図3】

本発明の装置構成の実施例

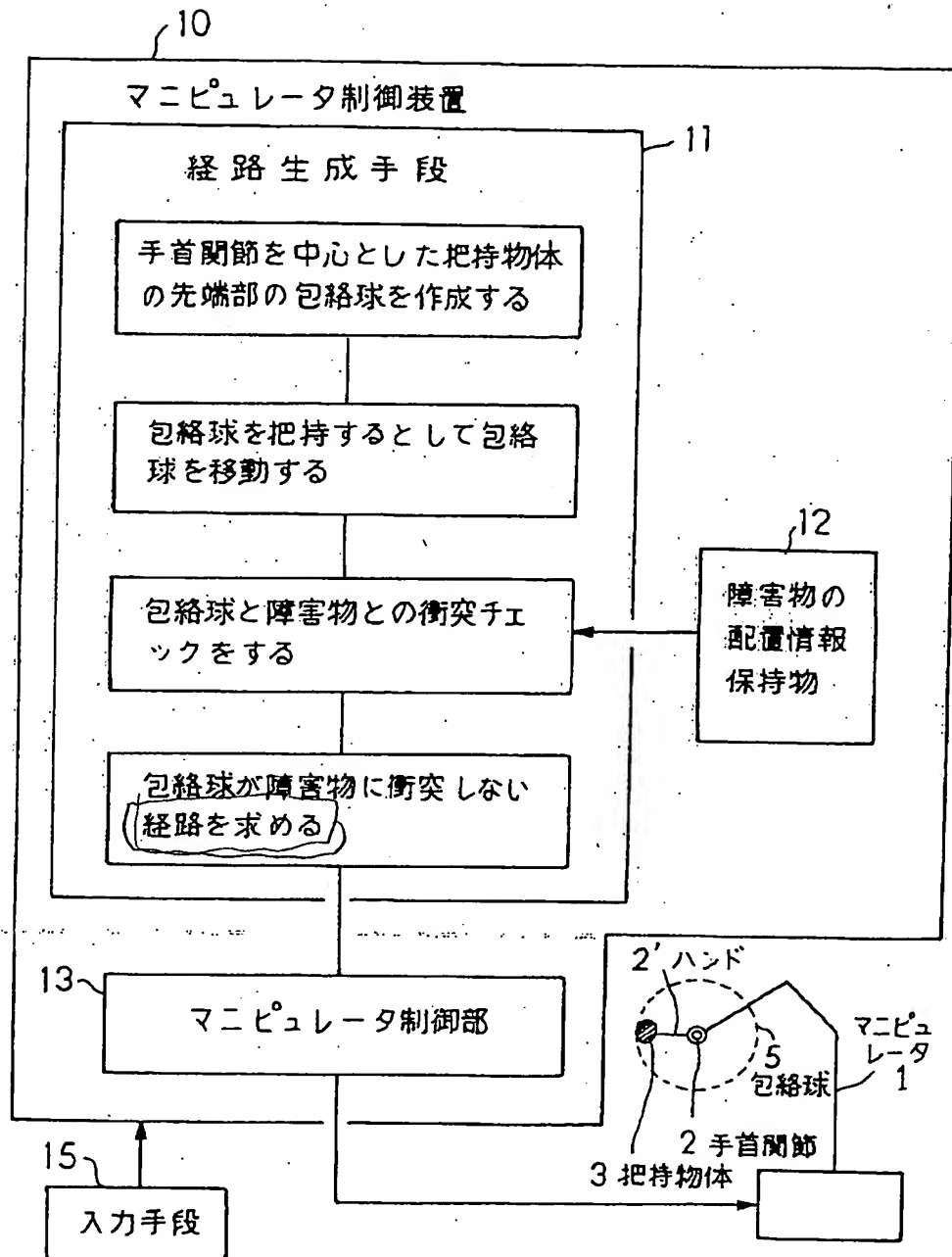


手首 - 減速制御
手首 - 加速制御



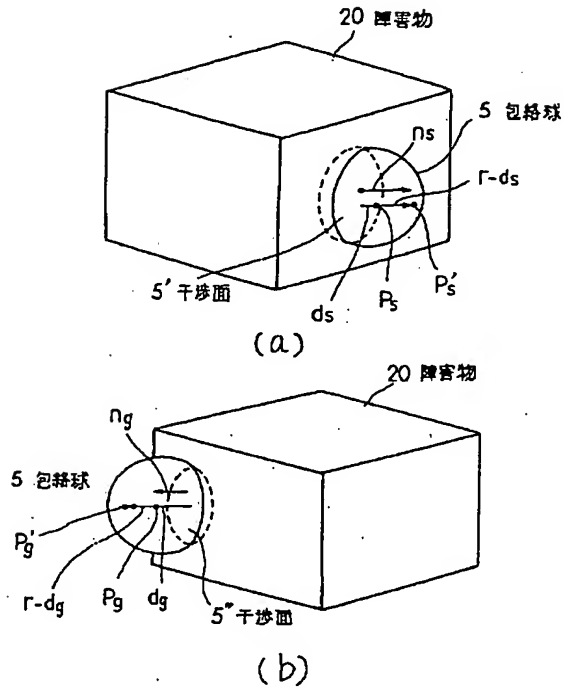
【図1】

本発明の基本構成



【図 4】

本発明の副初期位置、副目標位置の
設定方法の説明図



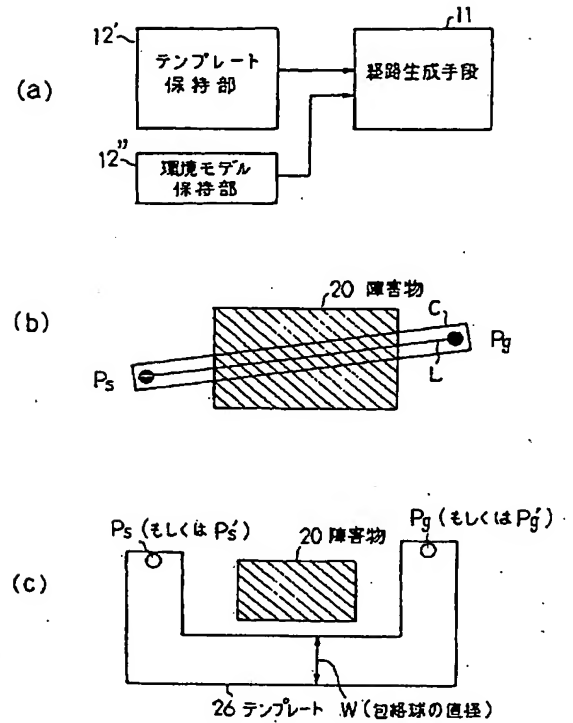
【図 6】

本発明の経路生成手段のテンプレートの例

グループ	テンプレート の名称	テンプレート の型	形状	形状の座標系
1	T1	上し型	上し型	z
	T2	上逆し型	上逆し型	y
	T3	上コ型	上コ型	x
2	T4	後し型	後し型	z
	T5	後逆し型	後逆し型	y
	T6	後コ型	後コ型	x
3	T7	前し型	前し型	z
	T8	前逆し型	前逆し型	y
	T9	前コ型	前コ型	x
4	T10	コ型	コ型	y
	T11	逆コ型	逆コ型	x

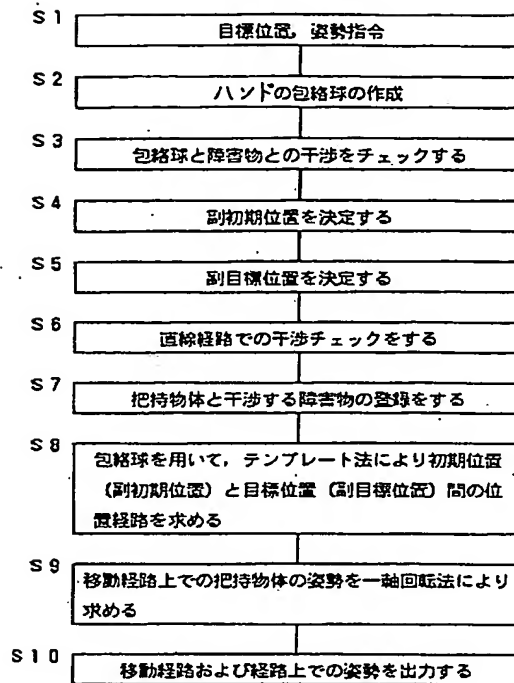
【図 5】

本発明で用いるテンプレートによる
経路生成方法の説明図



【図 7】

経路作成手段のフローチャート



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁴

G 0 5 B 19/4093

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所